

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平9-123731

(43)公開日 平成9年(1997)5月13日

(51)Int.Cl.⁵
B 6 0 H 1/00識別記号
1 0 1

庁内整理番号

F I
B 6 0 H 1/00技術表示箇所
1 0 1 F

審査請求 未請求 請求項の数1 F D (全 8 頁)

(21)出願番号 特願平7-309990

(22)出願日 平成7年(1995)11月2日

(71)出願人 000003333

株式会社ゼクセル

東京都渋谷区渋谷3丁目6番7号

(72)発明者 政氏 護

埼玉県大里郡江南町大字千代字東原39番地

株式会社ゼクセル江南工場内

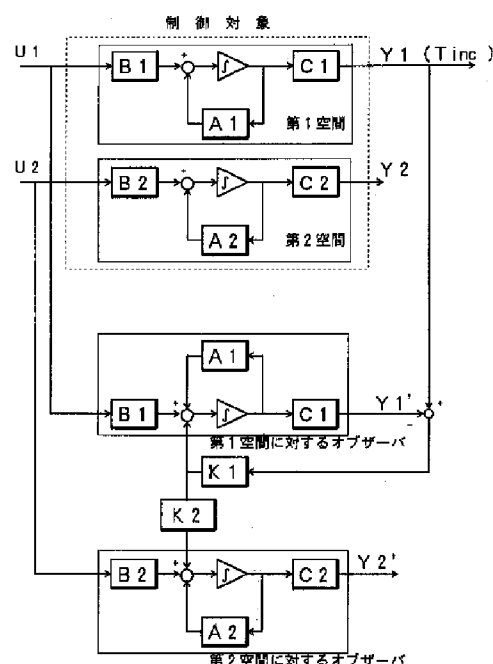
(74)代理人 弁理士 大貫 和保

(54)【発明の名称】 車両用空調装置

(57)【要約】

【課題】 空調制御要素の制御量を熱負荷に関する複数の物理量に基づいて算出し、車室内温度を設定された目標温度に収束するよう空調制御要素を最適制御する車両用空調装置において、車室内を複数空間に分けて個別制御する場合に各空間を精度よく温度制御する。

【解決手段】 車室内を複数の制御空間に分割して少なくともその1つの空間に温度検出器を設ける。温度検出器が設けられた空間に対しては、その空間の推定温度と温度検出器によって検出された空間温度との差に応じて当該空間に対応する動的モデルに修正を加える。温度検出器が設けられていない空間に対しては、他の空間との関係において決められた熱的特性と、温度検出器が設けられた空間の動的モデルに対する修正量とに基づいてこの空間に対応する動的モデルに修正を加える。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 複数の空調制御要素の制御量を熱負荷に関する複数の物理量に基づいて算出し、車室内温度を設定された目標温度に収束するよう前記空調制御要素を最適制御する車両用空調装置において、車室内を複数の制御空間に分割して少なくともその1つの空間に室温センサを設け、前記室温センサが設けられた空間に対しては、その空間の推定温度と室温センサによって検出された空間温度との差に応じて当該空間に対応する動的モデルに修正を加えて前記物理量を推定すると共に、前記室温センサが設けられていない空間に対しては、他の空間との関係において決められた熱的特性と、前記室温センサが設けられた空間の動的モデルに対する修正量とに基づき当該空間に対応する動的モデルに修正を加えて前記物理量を推定する推定部を備えたことを特徴とする車両用空調装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】この発明は、測定困難または測定不可能な物理量を含む熱負荷に関する複数の物理量を現代制御理論に基づいて処理し、温度調節手段、風量調節手段、吹出モード調節手段等の空調制御要素の最適制御量を算出して、車室内温度を設定された目標温度に収束させる車両用空調装置に関する。

【0002】

【従来の技術】現代制御理論を利用して車室内温度を目標温度に空調する車両用空調装置としては、例えば、特開平5-50836号公報に示されているものが公知となっている。これは、車室内温度設定値に基づいて空調制御に必要な熱負荷に関する物理量のうち時間的に推移させるべき物理量（車室内温度と皮膚温度）の目標値を算出し、制御対象に対する制御量と車室内温度とから空調に関する動的モデルの内部状態を表わす状態変数を推定し、前記目標値に追従するための最適制御定数を算出すると共に、目標値、推定状態変数、車室内温度に基づいて制御対象に対する最適制御量を決定し、これにより、あらゆる環境に対して応答性と安定性を確保するようにしたものである。

【0003】より具体的に説明すれば、このシステムで用いられるコントローラは、図3のブロック図（同公報の図2と同一）で示されるように、日射量 Q_{sun} 、外気温度 T_{amb} 、車室内温度設定値 T_{ptc} 、車室内温度 T_{inc} に基づいて空調ユニット10を制御するための制御量（エアミックスドア開度 X 、ブロー駆動電圧 V_f ）を算出するもので、機能的には、規範モデル20、オブザーバ30、線型補償器40、及び最適レギュレータ50から構成されている。

【0004】規範モデルに20においては、空調ユニット10による吹出温度 T_o と吹出風量 G_a とを乗員の快適感に合うよう推移させるために、数式1で示す状態方程

式に基づき、車室内温度設定値 T_{ptc} を変化させたときの乗員の快適感にあった目標車室内温度 T_{inc}^* と目標皮膚温度 T_f^* とを算出する。

【0005】

【数1】 $dX_r/dt = A_r \cdot X_r + B_r \cdot T_{ptc}$
 $Y_r = C_r \cdot X_r$

【0006】ここで、 A_r 、 B_r 、 C_r は係数行列であり、 $Y_r = X_r = [T_f^*, T_{inc}^*]^T$ である。

【0007】オブザーバ30は、車体温度の推定値 T_m^s 、車室内温度の推定値 T_{inc}^s 、吹出し風量の推定値 G_a^s 、エアミックスドア開度の推定値 X_{mm}^s からなる状態変数 X_o^s （ $= [T_m^s, T_{inc}^s, G_a^s, X_{mm}^s]^T$ ）を推定し、推定された状態変数のうち車体温度の推定値 T_m^s 、吹出し風量の推定値 G_a^s 、およびエアミックスドア開度の推定値 X_{mm}^s に基づいて現在の皮膚温度推定値 T_f^s を予測する。

【0008】そして、最適レギュレータ50においては、数式2に示す評価関数 J を用い、線型補償器40による線型化補償を考慮した系において、目標値との偏差や制御量の変化率を算出すると共に、評価関数 J を最小にする空調ユニット10の制御量 U を決定する。

【0009】

【数2】 $J = \{ W1 \cdot (\Delta T_{int})^2 + W2 \cdot (\Delta T_f)^2 + W3 \cdot (du1/dt)^2 + W4 \cdot (du2/dt)^2 \} dt$

【0010】ここで、 ΔT_{int} は車室内温度の目標値 T_{inc}^* からの偏差、 ΔT_f は皮膚温度の目標値 T_f^* からの偏差、 $du1/dt$ はブロー駆動電圧 V_f （吹出風量 G_a ）を決定する指令値の変化率、 $du2/dt$ はエアミックスドア開度 X （吹出し温度 T_o ）を決定する指令値の変化率を表し、 $W1 \sim W4$ は重み係数である。

【0011】そして、制御量 U （ $= [u1, u2]^T$ ）の決定にあたっては、上記数式1と線型化補償を行う変換関数とから数式3に示すような拡大系を構成し、この拡大系において評価関数 J を最小とする制御則から数式4で示される制御定数（ $K1$ 、 $K2$ 、 $K3$ ）を決定する。

【0012】

【数3】 $dE/dt = A_e \cdot E + B_e \cdot dU/dt$

【0013】

【数4】 $U = K1 \cdot Y + K2 \cdot \{ e dt + K3 \cdot X_r + \{ U(0) - K1 \cdot Y(0) - K3 \cdot X_r(0) \} \}$

【0014】ここで、 $E = [dY/dt, e, dX_r/dt]^T$ であり、 A_e 、 B_e は係数行列、 $e = Y_r - Y$ である。 $U(0)$ 、 $Y(0)$ 、 $X_r(0)$ はそれぞれ制御指令値、出力、状態変数の初期値である。

【0015】このような制御において、上述のオブザーバは、図4（同公報の図4と同一）に示されるように、例えば同次元状態観測器からなり、制御対象の状態方程

式(数式5)に対し、予め同定した推定モデルに状態変数の推定誤差 $\varepsilon_o (=X_o^s - X_o)$ を零に収束させるためにフィードバックを加えて数式6のモデルを形成する。

【0016】

【数5】 $dX_o/dt = A_o \cdot X_o + B_o \cdot U$
 $Y_o = T_{inc} = C_o \cdot X_o$

【0017】

【数6】 $dX_o^s/dt = A_o \cdot X_o^s + B_o \cdot U + F \cdot (Y_o - Y_o^s)$
 $Y_o^s = T_{inc}^s = C_o \cdot X_o^s$

【0018】このようなオブザーバにあっては、 A_o が不安定マトリクスであっても、適当なゲイン F を選ぶことにより、 $A_o - F C_o$ を安定マトリクスにでき、推定誤差 $\varepsilon_o (=X_o^s - X_o)$ を速く零に収束させることができる利点がある。

【0019】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、上述のシステムでは、オブザーバにより車室内を1つの推定モデルで近似するようにしているので、日射等により車室の左右または上下で空調環境が異なるような場合には精度が悪く、モデル精度としては充分なものとは言えない。このような不都合に対し、車室内空間を上下、左右、または前後において独立温調(個別温調)することも考えられるが、このような場合には、制御空間の数が増加するので空調制御要素の増加はやむを得ないとしても、単に上述のシステムを空間の数だけ増加させた場合には、他の空間との間の熱的相関を考慮しない制御が行われたり、各空間毎に室温センサを設けなければならないので室温センサの数も増えてしまう。このため、各空間を独立制御する場合であっても、少ない室温センサをもって各空間をいかに関連づけて個別制御するか、換言すれば、空調制御要素の制御量の算出に用いられる熱負荷に関する物理量を他の空間との関係においていかに推定すべきかが問題となる。

【0020】そこで、この発明においては、種々の環境下において応答性と安定性を確保する従来の空調制御の目的を前提とした上で、車室内を複数空間に分けて個別制御する場合に各空間を精度よく温調制御することができる車両用空調装置を提供することを課題としている。

【0021】

【課題を解決するための手段】しかして、この発明の特徴とするところは、複数の空調制御要素の制御量を熱負荷に関する複数の物理量に基づいて算出し、車室内温度を設定された目標温度に収束するよう前記空調制御要素を最適制御する車両用空調装置において、車室内を複数の制御空間に分割して少なくともその1つの空間に室温センサを設け、前記室温センサが設けられた空間に対しては、その空間の推定温度と室温センサによって検出された空間温度との差に応じて当該空間に対応する動的モ

デルに修正を加えて前記物理量を推定すると共に、前記室温センサが設けられていない空間に対しては、他の空間との関係において決められた熱的特性と、前記室温センサが設けられた空間の動的モデルに対する修正量とに基づき当該空間に対応する動的モデルに修正を加えて前記物理量を推定するようにしたことにある。

【0022】ここで、空調制御要素とは、温度調節手段、風量調節手段、吹出モード調節手段等の空調ユニットの制御可能な要素を意味し、したがって、空調制御要素の制御量とは、エアミックスドア開度(吹出温度)、ブロー駆動電圧(吹出風量)、吹出モードを変更するダンパ開度等をいう。また、熱負荷に関する物理量には、車室内設定温度のように乗員の操作によって設定できる制御パラメータ、日射量、外気温、車室内温度等のように測定可能ないし測定容易な制御パラメータ、車体温度、車室や車体の熱容量等のように測定困難あるいは測定不可能な制御パラメータを含んでいる。

【0023】そして、車室内温度を設定された目標温度に収束するよう空調制御要素を最適制御する車両用空調装置の基本構造としては、従来より公知の構造、即ち、熱負荷に関する物理量のうち時間的に推移させるべき目標値を発生する手段と、空気調和に関する系の動的モデルに基づいて熱負荷に関する物理量のうち測定困難あるいは測定不可能な物理量を推定する手段と、前記目標値、推定物理量、及び熱負荷に関する物理量のうち測定可能な物理量に基づいて車室内温度を目標とする温度に収束させる空調制御要素の最適制御量を決定する最適レギュレータとを備えたものを利用すればよい。

【0024】したがって、室温センサが設けられた空間に対応する動的モデルにあっては、算出された空間の推定温度と室温センサによって実際に検出された空間温度との差が考慮されるので、例えば従来から知られる同次元オブザーバとしてその動的モデルの内部状態を表す物理量(状態変数)が精度よく推定される。これに対して、室温センサが設けられていない空間に対応する動的モデルに対しては、室温センサを有する空間の動的モデルに用いられた修正量を単に付加しただけでは十分な精度が得られないので、他空間との関係において決められた熱的特性をさらに考慮して内部状態を表す物理量(状態変数)を推定する。これにより、いずれの空間においても物理量を精度よく推定することができる。

【0025】

【発明の実施の形態】以下、この発明の実施の形態を図面により説明するが、車室内空間を上下、左右、あるいは前後の2つの空間に分割し、それぞれを独立温調する場合を想定し、一方を第1空間、他方を第2空間とする。また、全体システム構成としては、現代制御理論を利用した各種空調装置(例えば特開平5-50836号公報等)を利用することが可能であるので、便宜上、全体システム構成は特開平5-50836号公報と基本的

に同様のものを想定し、以下において本願の特徴部分を中心に説明する。

【0026】また、空調ユニットとしては、1つの空調ユニットに各空間に対応する数だけのエアミックスドア等を設けてそれぞれの空間を独立に制御するものであっても、各空間毎に対応する別々の空調ユニットを設けるものであってもよい。

*

$$\begin{aligned} Mr1 \cdot dTr1/dt \\ &= \alpha 1 (To1 - Tr1) - \beta 1 (Tr1 - Tb1) + Qs1 \\ Mb1 \cdot dTb1/dt \\ &= \beta 1 (Tr1 - Tb1) - \delta 1 (Tb1 - Ta) + Qs2 \end{aligned}$$

【0029】

※ ※【数8】

$$\begin{aligned} Mr2 \cdot dTr2/dt \\ &= \alpha 2 (To2 - Tr2) - \beta 2 (Tr2 - Tb2) + Qs3 \\ Mb2 \cdot dTb2/dt \\ &= \beta 2 (Tr2 - Tb2) - \delta 2 (Tb2 - Ta) + Qs4 \end{aligned}$$

【0030】数式7の第1式は第1空間で見た熱収支モデルを表す微分方程式、第2式は第1空間側の車体で見た熱収支モデルを表す微分方程式であり、数式8の第1式は第2空間で見た熱収支モデルを表す微分方程式、第2式は第2空間側の車体で見た熱収支モデルを表す微分方程式である。

【0031】ここで、Taは外気温を表し、To1は第1空間に吹き出す空気の吹出温、Tr1は第1空間に配置された室温センサによって検出された第1空間の室温、Tb1は第1空間側の車体温度、Mr1は第1空間の熱容量、Mb1は第1空間側の車体熱容量、 $\alpha 1$ は第1空間への風量、 $\beta 1$ は第1空間からこの空間側の車体への熱伝達率、 $\delta 1$ は第1空間側の車体から大気への熱伝達率、Qs1は日射による第1空間へ直接侵入する熱量、Qs2は日射による第1空間側の車体が吸収する熱量を表す。また、To2は第2空間に吹き出す空気の吹出温、Tr2は第2空間の室温、Tb2は第2空間側の車体温度、Mr2は第2空間の熱容量、Mb2は第2空間側の車体熱容量、 $\alpha 2$ は第2空間への風量、 $\beta 2$ は第★

*【0027】ところで、本態様においては、2つに分割された空間のうち、第1空間の熱収支モデルを数式7のように、第2空間の熱収支モデルを数式8のように考える。

【0028】

【数7】

★2空間からこの空間側の車体への熱伝達率、 $\delta 2$ は第2空間側の車体から大気への熱伝達率、Qs3は日射による第2空間へ直接侵入する熱量、Qs4は日射による第2空間側の車体が吸収する熱量を表す。

【0032】上記微分方程式を行列表現すると、数式9のようになり、これを書き直すと数式10で示される状態方程式となる。 $X1 (= [Tr1, Tb1]^T)$ 、 $X2 (= [Tr2, Tb2]^T)$ は状態変数ベクトルであり、 $U1 (= [To1, Ta, Qs1, Qs2]^T)$ 、 $U2 (= [To2, Ta, Qs3, Qs4]^T)$ は制御入力値ベクトルである。第1空間の推定モデルによって推定されるX1の状態変数の推定値をZ1 ($= [Tr1', Tb1']^T$)とし、第2空間の推定モデルによって推定されるX2の状態変数の推定値をZ2 ($= [Tr2', Tb2']^T$)とすると、各空間の推定モデルは、各々数式11により表される。

【0033】

【数9】

$$\begin{aligned}
 \begin{bmatrix} \dot{T}r1 \\ \dot{T}b1 \end{bmatrix} &= \begin{bmatrix} -\frac{\alpha 1 + \beta 1}{Mr1} & \frac{\beta 1}{Mr1} \\ \frac{\beta 1}{Mb1} & -\frac{\beta 1 + \delta 1}{Mb1} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} T r1 \\ T b1 \end{bmatrix} + \\
 &\quad \begin{bmatrix} \frac{\alpha 1}{Mr1} & 0 & \frac{1}{Mr1} & 0 \\ 0 & \frac{\delta 1}{Mb1} & 0 & \frac{1}{Mb1} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} T o 1 \\ T a \\ Q s 1 \\ Q s 2 \end{bmatrix} \\
 \begin{bmatrix} \dot{T}r2 \\ \dot{T}b2 \end{bmatrix} &= \begin{bmatrix} -\frac{\alpha 2 + \beta 2}{Mr2} & \frac{\beta 2}{Mr2} \\ \frac{\beta 2}{Mb2} & -\frac{\beta 2 + \delta 2}{Mb2} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} T r2 \\ T b2 \end{bmatrix} + \\
 &\quad \begin{bmatrix} \frac{\alpha 2}{Mr2} & 0 & \frac{1}{Mr2} & 0 \\ 0 & \frac{\delta 2}{Mb2} & 0 & \frac{1}{Mb2} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} T o 2 \\ T a \\ Q s 3 \\ Q s 4 \end{bmatrix}
 \end{aligned}$$

【0034】

* * 【数10】

$$dX1/dt = A1 \cdot X1 + B1 \cdot U1 \quad \cdots (1)$$

$$dX2/dt = A2 \cdot X2 + B2 \cdot U2 \quad \cdots (2)$$

$$Y1 = Tinc = C1 \cdot X1$$

【0035】

$$\text{【数11】 } dZ1/dt = A1 \cdot Z1 + B1 \cdot U1$$

$$dZ2/dt = A2 \cdot Z2 + B2 \cdot U2$$

$$Y1' = C1 \cdot Z1$$

【0036】第1空間の推定モデルに対して、状態変数の推定誤差 $e1 (= X1 - Z1)$ を零に収束させるために、図1に示されるように、 $Y1 (= Tinc)$ と $Y1' (= Tr1')$ との誤差をフィードバックして第1空間のオブザーバを数式12のように表し、第1空間のオブザーバに加えられるフィードバック量の補正量を第2空間の推定モデルに加えて、第2空間のオブザーバを数式13のように表す。

【0037】

$$\text{【数12】 } dZ1/dt = A1 \cdot Z1 + B1 \cdot U1 + K1(Y1 - Y1')$$

【0038】

$$\text{【数13】 } dZ2/dt = A2 \cdot Z2 + B2 \cdot U2 + K2 \cdot K1(Y1 - Y1')$$

40

※

$$\begin{aligned}
 dX1/dt - dZ1/dt &= A1(X1 - Z1) - K1(Y1 - Y1') \\
 &= A1(X1 - Z1) - K1 \cdot C1(X1 - Z1)
 \end{aligned}$$

【0043】ここで、 $e = X1 - Z1$ から、数式15は

数式16(1)のようになり、この一般解は数式16

(2)で表される。

★

$$de/dt = (A1 - K1 \cdot C1) e \quad \cdots (1)$$

$$e = \text{EXP}(A1 - K1 \cdot C1) t \quad \cdots (2)$$

【0045】したがって、 $A1 - K1 \cdot C1$ が負となる☆50☆ $K1$ を適宜選択することで e を収束させることができ

※【0039】ここで、 $K1$ は、前述した如く第1空間の推定モデルが収束するように予め決定され、 $K2$ は、第1空間と第2空間との熱的相関を考慮して第2空間の推定モデルを補正する係数行列であり、例えば、第1空間と第2空間との熱伝達率を用いて数式14のように決定されている。

【0040】

【数14】

$$K2 = \begin{bmatrix} \beta 2 / \beta 1 & 0 \\ 0 & \delta 2 / \delta 1 \end{bmatrix}$$

【0041】 $K1$ 、 $K2$ の決定手法をより具体的に説明すると、 $K1$ にあては、状態変数の推定誤差 $e1$ が $(X1 - Z1)$ であることから、数式10(1) - 数式12より数式15を得る。

【0042】

【数15】

★【0044】

【数16】

る。

【0046】これに対してK2の決定にあつては、先ず、図1で示されたオブザーバが図2に示されるように詳述されることから、これに基づいて説明する。いま、オブザーバのモデルが実際のシステムと一致しており、推定誤差eが制御入力値の誤差（例えば、外気温による*

*誤差）によるものと仮定すると、オブザーバの修正量（ $=K1a(Tinc-Tr1)$ ）は第1空間側の車体に関する熱量に換算した場合、数式17(1)のように表され、したがって、数式17(2)となる。

【0047】

【数17】

$$K1a(Tinc-Tr1') = Tb1' \cdot \beta 1 / Mb1 \quad \dots (1)$$

$$Tb1' = K1a(Tinc-Tr1') \cdot Mb1 / \beta 1 \quad \dots (2)$$

【0048】今、第2空間側の誤差が第1空間側の誤差と同一の原因によって生じているとすれば、第2空間の修正熱量は、数式18(1)のようによればよく、した*

※がって、K2aは、数式18(2)のようになる。

【0049】

【数18】

$$Tb1' \cdot \beta 2 / Mb2 =$$

$$K1a(Tinc-Tr1') \cdot Mb1 / \beta 1 \cdot \beta 2 / Mb2 \quad \dots (1)$$

$$K2a = Mb1 \cdot \beta 2 / \beta 1 / Mb2 \quad \dots (2)$$

【0050】同様に、オブザーバの修正量（ $=K1b(Tinc-Tr1')$ ）は数式19(1)のように表され、この場合の修正量は $Ta' \cdot \delta 2 / Mb2$ であるから、同様に演算すれば、K2bは数式19(2)のよ★

★うになる。

【0051】

【数19】

$$K1b(Tinc-Tr1') = Ta' \cdot \delta 1 / Mb1 \quad \dots (1)$$

$$K2b = Mb1 \cdot \delta 2 / \delta 1 / Mb2 \quad \dots (2)$$

【0052】そして、第1空間と第2空間との分割の仕方によっては、例えば $Mb1 = Mb2$ となる場合もあり、この場合には、図1のK2が前述の数式14のように決定される。

【0053】したがって、本発明の第1空間に対応する動的モデルに対しては、第1空間に設けられた室温センサによって検出された実測温度（検出値）とその推定温度との偏差に基づいて修正が加えられる従来と同様の構成であり、動的な内部状態を表す物理量（第1空間の室温 $Tr1$ と第1空間側の車体温度 $Tb1$ ）が精度よく推定される。これに対して、第2空間に対応する動的モデルにあつては、その修正量を第1空間の動的モデルに対する修正量と同一にしたのではモデル精度に問題があることから、他空間との関係において決められた熱的特性を表す係数行列を第1空間の動的モデルに対する修正量に乘じ、この乗じた値をもって第2空間の動的モデルを修正するようにしているので、第2空間の動的モデルの内部状態を表す物理量（第2空間の室温 $Tr2$ と第2空間側の車体温度 $Tb2$ ）も精度よく推定できる。

【0054】

【発明の効果】以上述べたように、この発明によれば、車室内を複数の制御空間に分割し、各空間の空調に関する系の動的モデルに基づいて空調制御要素を最適制御して各空間を独立温調するに際し、少なくとも1つの動的モデルに対してはそのモデルに対応する空間温度と推定☆

☆空間温度との偏差に基づいて修正を加え、他の動的モデルに対しては、これに対応する空間の他空間との関係で決定された熱的特性を更に考慮して修正を加えるようにしているので、各動的モデルにおいて物理量の推定精度を高めることができ、分割された各々の車室内空間において精度よく温調制御することができる。また、各空間毎に室温センサを必要としないので、各空間を独立温調制御する場合であっても、少ない室温センサで対応することが可能となる。

【図面の簡単な説明】

【図1】図1は、本発明に係る車両用空調装置に用いられるオブザーバの例を示すブロック図である。

【図2】図2は、オブザーバをさらに詳述したブロック図である。

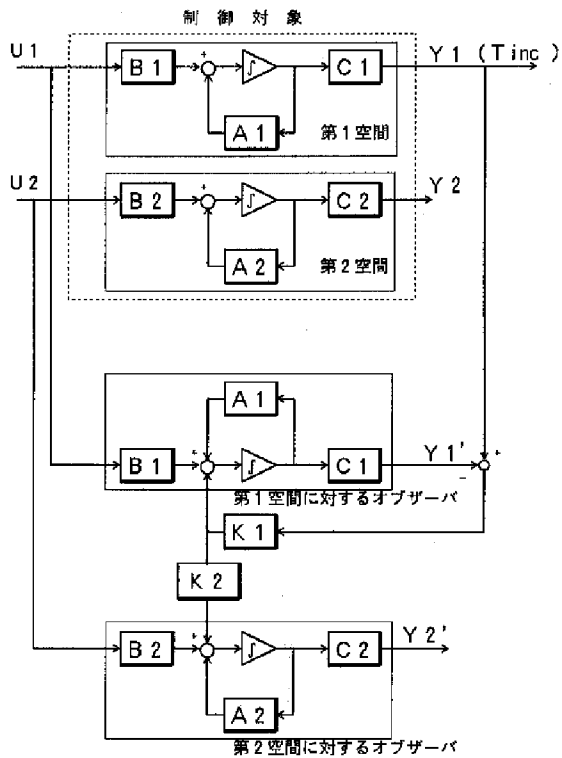
【図3】図3は、従来の車両用空調装置の全システム構成を示す機能ブロック図である。

【図4】図4は、従来のオブザーバの例を示すブロック図である。

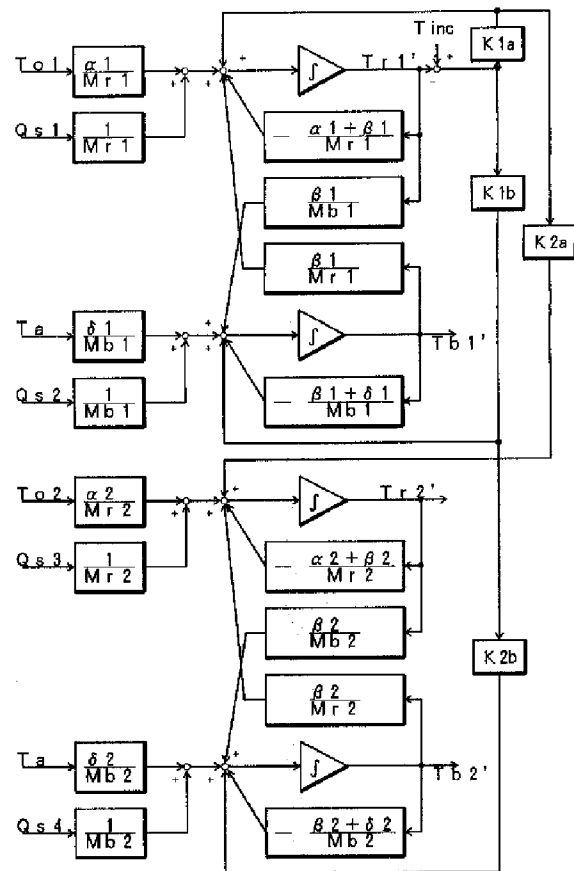
【符号の説明】

- 10 空調ユニット
- 20 規範モデル
- 30 オブザーバ
- 40 線形補償器
- 50 最適レギュレータ

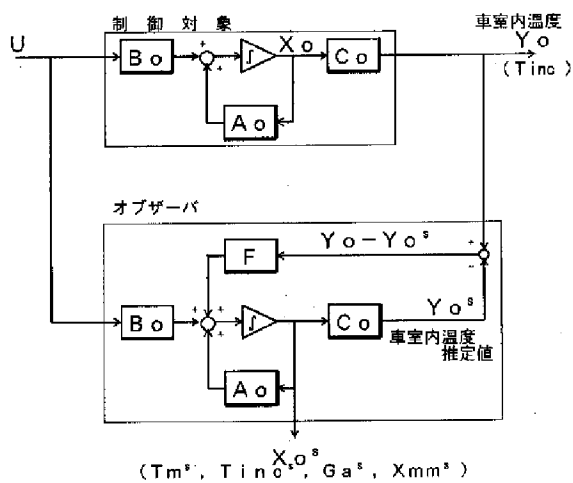
【図1】



【図2】



【図4】



【図3】

